

数字孪生的智能生产线构建与仿真应用研究

张侠

云南开放大学 云南国防工业职业技术学院, 中国·云南 昆明 650504

摘要: 通过建立虚拟的数字孪生模型模拟实际的物理过程, 以便进行模拟仿真、数据分析和优化设计等操作。主要包含基于数字孪生的仿真设计, 数字孪生的系统仿真测试和数字孪生系统虚实联动。以数字化的方式实时映射物理对象, 通过对数字模型的仿真模拟现实环境中的行为。采用文献资料法、调查研究方法、仿真验证法等。利用数据对真实环境进行场景搭建、添加对象容器并对容器配置、添加机器人容器并配置, 进行信号配置, 源数据信号和容器绑定, 智能生产线仿真, 最终实现智能产线虚实联动, 实现虚拟场景和现实环境的对应和同步。

关键词: 数字孪生; 模拟仿真; 虚实联动

Research on the Construction and Simulation Application of Digital Twin Intelligent Production Line

Xia Zhang

Yunnan Open University Yunnan Vocational and Technical College of National Defense Industry, Kunming, Yunnan, 650504, China

Abstract: The virtual digital twin model is established to simulate the actual physical process, so as to carry out simulation, data analysis and optimization design. It mainly includes simulation design based on digital twin, system simulation test of digital twin and virtual-real linkage of digital twin system. Mapping physical objects in real time in a digital way, and simulating the behavior in the real environment through the simulation of digital models. Literature review, investigation and research, simulation and verification are adopted. Using data to build the real environment scene, add the object container and configure the container, add the robot container and configure it, configure the signal, bind the source data signal with the container, and simulate the intelligent production line, and finally realize the joint debugging of the virtual and the real environment, and realize the correspondence and synchronization between the virtual scene and the real environment.

Keywords: digital twins; simulation; virtual-real linkage

1 人工智能技术发展趋势分析

在复杂工业制造中, 数字孪生和多智能体技术可以提高生产效率和质量, 减少能源消耗和废品产生, 同时也能够降低复杂度、安全风险和成本。在新发展阶段背景下, 工业和信息化部高度重视制造业数字化转型。2021 年中国的工业和信息化部等八部门联合印发了《“十四五”智能制造发展规划》, 对推进中国制造业数字化转型、网络化协同和智能化变革。智能生产是智能制造的主线, 而智能生产线是智能生产的主要载体。人工智能的迭代发展与应用, 促使中国的企业转向自学习、自适应、自控制的智能工厂发展, 将从根本上提高制造业质量、效率和企业竞争力。

2 数字孪生应用前景

随着科学技术的快速发展, 复杂工业流程的生产规模越来越大、生产过程复杂程度越来越高, 因此相应工业流程的性能越来越依赖于对系统运行预测的准确性。传统的工业建模方法已经不能满足现代工业流程控制的需要, 如何改进工业建模使之智能化变得尤为重要。作为数字经济智能技术的代表, 数字孪生技术已经得到发达国家和许多发展中国家尤其包括中国等越来越多的投入和政策支持。在新发展阶段

的背景下, 随着中国人口红利的逐渐消失, 人力资源成本越来越高的情况下, 升级为高效率、低人力、高质量的自动化智能产线已经是企业亟待解决的问题。国务院印发的《中国制造 2025》将智能化工厂、工业自动化提升至国家战略层面。自动化与信息化的融合, 将为中国制造业转型升级带来新的机会。

3 研究方法

通过对数字孪生和智能生产线进行调研分析, 形成优化的模式。

3.1 文献资料法

通过查阅和研究分析数字孪生和智能生产线方面的相关中文外文的文献, 为该研究提供理论基础和借鉴。

3.2 调查研究方法

通过对相关智能制造企业进行调研, 对实际智能生产线存在的问题进行建模并对其分析研究。

3.3 仿真验证法

智能产线数字孪生虚拟平台搭建智能生产单元改造后的场景, 通过对数字模型的仿真模拟现实环境中的行为, 利用数据对真实环境建模并实现虚拟场景和现实环境的对应

和同步，实现智能产线虚实联调联动，为生产单元数字化改造及工业数字化转型提供解决方案。

4 智能生产线的构建与仿真

以智能装配生产线（生产单元数字化改造实训平台）为例，研究基于数字孪生的智能生产线构建与仿真全过程包括 MES 下单，仓储原料出库，AGV 小车，智能机器人装配，成品入库等环节，在此基础上确定具有较强针对性的智能装配车间模型；对各个部分当前状态的信息、传输期间涉及的流程、制造步骤等智能单元进行确定，突出装配智能工程特征，展现数字孪生技术的应用优势，保证智能装配虚拟车间构建工作落到实处，为后续完成自分析和自决策等操作创造条件。重点研究智能仓储和装配仿真设计；生产单元系统仿真测试；数字孪生系统虚实联动等（见图 1）。

智能生产线的构建与仿真在制造业中扮演着至关重要的角色，其特色与创新主要体现在以下几个方面：

①高度自动化与智能化：智能生产线通过集成先进的自动化设备和智能系统，实现生产过程的自动化控制和智能化决策。这不仅可以提高生产效率，降低人力成本，还能减少人为错误，提高产品质量。

②虚拟验证与预测：通过仿真技术，可以在虚拟环境中对智能生产线的构建方案进行验证和预测。这有助于提前发现潜在问题，优化设计方案，降低实际构建过程中的风险。

③快速迭代与优化：仿真技术允许快速地进行多轮迭代和优化，从而得到更加合理、高效的智能生产线构建方案。这大大提高了设计效率，缩短了产品生产周期。

④成本节约与资源利用：通过仿真技术，可以在不实际投入生产资源的情况下，对生产线的性能进行评估和优化。这有助于节约成本，提高资源利用效率。

5 数字孪生系统虚实联动

基于生产单元数字孪生系统开放的通信协议，在数字孪生软件中配置通信和信号，将配置的通信信号与模型驱动接口建立映射。基于 MES 系统的生产与管控，生产任务执行过程中，通过实时数据采集和数字孪生软件，实现虚实联动。数字孪生软件虚实联动步骤分为：智能仓储的容器创建，源数据配置。AMR 自主移动机器人根据实物进行地标创建、路径绘制、源数据配置，智能装配平台模型快速调整、参数调整、源数据配置，最后实现虚实联动确认（见图 2）。

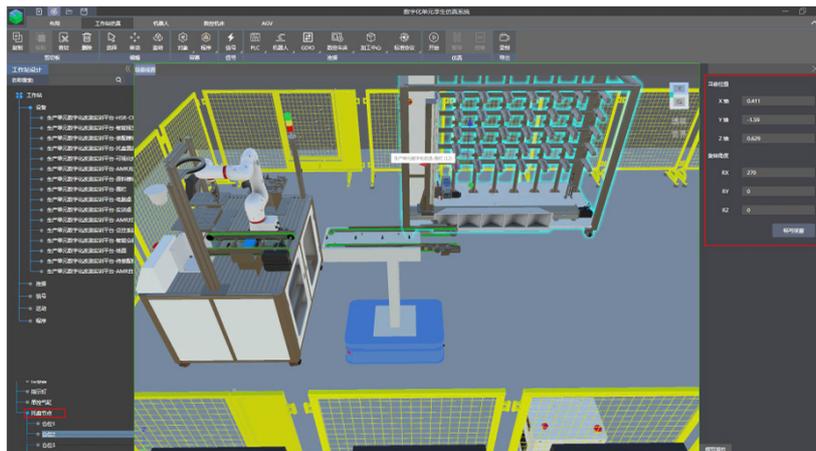


图 1 仿真测试



图 2 仿真调试

6 创建物理实体的虚拟数字孪生模型实现智能生产线应用

基于数字孪生的智能生产线构建与仿真技术是近年来智能制造领域的重要研究方向。数字孪生技术通过创建物理实体的虚拟数字孪生模型,实现了对生产系统的精准映射、优化和预测,从而显著提升了生产效率和产品质量。

①数字孪生技术在智能生产线中的应用。数字孪生技术在智能生产线中的应用主要体现在以下几个方面:虚拟仿真与优化,通过构建与真实生产线相对应的数字模型,数字孪生技术能够实现对生产流程的全面模拟和优化。实时数据交互与反馈控制,数字孪生技术能够实现物理生产线与虚拟模型之间的实时数据交互,从而支持实时监控和动态调整。全生命周期管理,数字孪生技术贯穿了智能生产线的全生命周期,从设计、调试到运行维护,均能提供支持。智能装配生产线中,数字孪生技术实现了虚拟调试和实时监控。

②数字孪生技术的挑战与对策。尽管数字孪生技术在智能生产线中展现出巨大潜力,但仍面临一些挑战:数据集成为与通信,如何高效地集成和传输大量生产数据是关键问题。利用 OPC UA 和 Modbus 通信协议实现数据同步。模型精度与实时性,如何确保数字孪生模型的高精度和实时性是个重要问题。通过深度学习和强化学习算法提升模型的实时调度能力。跨领域融合,如何将人工智能、物联网等前沿技术与数字孪生技术有效融合,以实现更高效的资源调度和能源利用。

③数字孪生技术发展展望。数字孪生技术在智能生产

线中的应用将更加广泛。柔性生产线的智能调度,通过深度强化学习等算法,实现柔性生产线的自适应调度。全链条创新模式,数字孪生技术将推动产品设计、工艺优化和服务创新的并行发展,加速产品从概念到市场的转化。数字孪生技术为智能生产线的构建与仿真提供了强大的技术支持。通过虚拟仿真、实时数据交互和全生命周期管理,数字孪生技术不仅提升了生产效率和产品质量,还为制造业的智能化转型开辟了新路径。未来,数字孪生将在更多领域展现出其独特的价值。

参考文献:

- [1] 李浩,刘根,文笑雨,等.面向人机交互的数字孪生系统工业安全控制体系与关键技术[J].计算机集成制造系统,2021,27(2):16.
- [2] 陆晨芳,陆江,龙忠海,等.教学型智能制造生产线的设计[J].机械制造,2020,58(1):54-56.
- [3] 冯振华.分析工业机器人的“智能制造”柔性生产线设计[J].内燃机与配件2019(13):2.
- [4] 吴斌.基于工业机器人的智能制造生产线设计[J].机床与液压,2020,48(23):55-59.
- [5] 孙元亮,马文茂,张超,等.面向数字孪生的智能生产线监控系统关键技术研究[J].航空制造技术,2021,64(8):8.
- [6] 熊隽.基于智能制造生产线的工业机器人应用[J].机床与液压,2018,46(21):91-94.

基金项目:云南开放大学科学研究基金项目,“基于数字孪生的智能生产线的构建与仿真”,项目编号:23YNOU06。